

KÖYSITELALINJAN OHJAUSLOGIIKAN KEHITYS

Ville Salminen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2010

Kone- ja tuotantotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) SALMINEN, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 26.05.2010
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi KÖYSITELALINJAN OHJAUSLOGIIKAN KEHITYS		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) KIVISTÖ, Hannu – JAMK TeLi		
Toimeksiantaja(t) LAIHO, Pasi – Konecranes Finland Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Konecranes Oy on yksi maailman suurimmista nosturin toimittajista. Konecranesin on omalla esimerkillään näytettävä tietä sen tytäryhtiöille. Toimitusvarmuus ja -luotettavuus ovat tärkeitä kilpailutekijöitä. Myöhästymät aiheuttavat merkittäviä kuluja, jotka saattavat ilmetä myöhästymissakkoina. Lisäksi kuluja syntyy merkittävästi imagon menetyksestä, ja työnä, joka johtuu suunnitelmasta poikkeamisesta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Konecranes Finland Oy:n köysitelalinjalle uusi ohjauslogiikka, joka omalta osaltaan pyrkisi minimoimaan läpimenoajan ja keskeneräisen tuotannon määrän. Opinnäytetyö tehtiin osana vuonna 2008 Konecranesin Hyvinkään tehtaalla alkanutta LOIKKA-projektia, jonka tavoitteena on lyhentää läpimenoaikoja koko tehtaalla.</p> <p>Uutta ohjauslogiikkaa lähdettiin kehittämään tutustumalla aiheen lähdeaineistoon ja soveltamalla sitä halutulla tavalla. Lähdeaineistona käytettiin Lean ajattelumallia, prosessianalyysia, imuohjausta ja kapeikkoajattelua. Linjalle päätettiin suorittaa prosessianalyysi, jonka pohjalta saatiin linjan tunnusluvut paremmin esille. Analyysin jälkeen sen tuloksia pyrittiin hyödyntää tuotannon jatkokehityksessä. Analyysistä saatujen tunnuslukujen ja pohjatietojen perusteella linjalle pyrittiin luomaan mahdollisimman tehokas ohjauslogiikka.</p> <p>Tuloksena opinnäytetyöstä saatiin linjalle tunnusluvut selville prosessianalyysin avulla. Linjalle saatiin prosessianalyysistä virtauskaavio, jonka avulla on helppo esitellä linjaa paremmin tuntemattomille, miten köysitelan valmistusprosessi kulkee linjan eri vaiheiden läpi. Tutkimuksen seurauksena valmistui vaiheketjuaika-kaavio, joka kertoo visuaalisesti, mikä on vaiheaikojen ja kapasiteettiaikojen suhde erilaisilla valmistettavilla teloilla. Opinnäytetyön päätulos ja uuden ohjauslogiikan päätyökalu on linjan kuormitusta sekä keskeneräisen tuotannon määrää laskeva laskuri. Laskurin avulla tuotannonohjaaja voi suunnitella viikkokuormituksen linjalle sopivaksi jokaiselle viikolle. Lisäksi solujen uudelleen järjestelyillä ja uudelleen nimeämisellä saatiin selkeyttä linjan seurantaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Tuotanto, Toiminnanohjaus, Keskeneräinen tuotanto, Läpimenoaika, Linjan kuormitus, Ohjauslogiikka		
Muut tiedot Liitteet ovat luottamuksellisia, eivätkä ole mukana raportissa.		



Author(s) SALMINEN, Ville	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 26.05.2010
	Pages 47	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title DEVELOPMENT OF THE GUIDANCE LOGIC ON THE ROPEDRUM MANUFACTURING LINE		
Degree Programme Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) KIVISTÖ, Hannu – JAMK TeLi		
Assigned by LAIHO, Pasi – Konecranes Finland Oy		
<p>Abstract</p> <p>Konecranes Oy is one of the largest lifting equipment manufacturers in the world and as such it must set an example for other businesses around the world. Shipment certainty and –reliability are key factors in today's business world and because of that delays must be eliminated at any cost. Delay of a single unit from production line will affect the whole line's effectiveness. This aim of this bachelor's thesis was to make an efficient and easy to control guidance logic for Konecranes Finland Oy's rope drum production line. The purposes of this guidance logic were to minimize Lead-time and unfinished production on the line. The thesis carried out as part of Konecrane's LOIKKA-project at Hyvinkää's factory. The aim of the project is to make Hyvinkää's factory the most efficient and best production unit in Konecranes.</p> <p>The development of new logic development started with gathering information on different ideas of operations management. Information was found on the lean-thinking model, process analysis, theory of constraints and pull based control model. It was decided to perform a process analysis on the production line. Through the numbers gotten from process analysis and base information new more efficient guidance logic was to be developed.</p> <p>As results of the process analysis the line got a new flow chart. Through this flow chart and rearrangement and renaming of the cells following the line flow is much easier. As a result from the research new timing chart was developed. This visualizes the difference between capacity times and phase times. As the main result of this thesis a counter program was made which counts the load on different cells and the amount of unfinished production inside the production line. With this counter it is easy to count a weekly work load on the production line.</p>		
Keywords Production, Operations management, Unfinished production, Lead-time, Guidance logic, Theory of constraints		
Miscellaneous Attachments are confidential so they are removed from this thesis.		

SISÄLTÖ

1. TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTUS.....	5
1.1 Lähtökohdat	5
1.2 Työn tavoitteet.....	7
1.3 Toteutus	8
2. PROSESSIANALYYSI	9
2.1 Tavoitteet	9
2.2 Prosessianalyysin ehdot	9
2.3 Prosessin virtauskaaviot	10
2.3.1 Prosessin virtauskaavion symbolit.....	10
2.4 Prosessityypit	11
2.5 Muu prosessiterminologia	11
2.6 Prosessin muut tyypit	12
2.7 Prosessin suorituskykymittarit.....	12
2.8 Prosessin läpimenoajan lyhentäminen.....	13
3. LEAN	13
3.1 Toiminta	13
3.2 Vaatimukset	13
3.3 Toteutus	14
3.4 Hyöty.....	15
3.5 Lean mittarit	15

	2
4. IMUOHJAUS JA KAPEIKKOAJATTELU	16
4.1 Imuohjaus.....	16
4.1.1 Vaatimukset.....	17
4.1.2 Tulos.....	17
4.2 Kapeikkoajattelu	18
5. KONECRANES OY	18
5.1 Esittely	18
5.2 Historiaa	20
5.3 Raskasnostolaitteet (Hyvinkää).....	20
6. ILM ("ILMARI") TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄ.....	22
7. TUOTTEEN ESITTELY	23
7.1 Vaunu.....	23
7.2 Nostokoneisto	24
7.3 Köysitela	26
8. KÖYSITELAN VALMISTUS	26
8.1 Tilauksen vastaanotto	27
8.2 Polttoleikkaus	28
8.3 Mankelointi ja kalibrointi	29
8.4 Telaputken jauhekaarihitsaus ja ultraäänitarkistus.....	30
8.5 Telaputken sorvaus CNC-ohjatulla sorvilla	31
8.6 Laippojen hitsaus	33
8.7 Jyrsintä.....	34
8.8 Kokoonpano ja pakkaus.....	35

9. TULOKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET	36
9.1 Prosessianalyysi	36
9.1.1 Prosessin virtauskaavio	36
9.1.2 Vaiheketjuaikakaaviot	37
9.1.3 Laskenta ja laskuri	38
9.2 Tuotannon pullonkaulat	40
9.3 Solujen uudelleenjärjestely ja seuraamisen yksinkertaistaminen	41
 10. JOHTOPÄÄTÖKSET	42
10.1 Pohdintaa tuloksista	42
10.2 Johtopäätöksiä opinnäytetyön tekemisestä	44
 LÄHTEET	46
 LIITTEET	47
Liite 1 Prosessin virtauskaavio ja ohjeet	47
Liite 2 Vaiheaikaketjukaaviot	47
Liite 3 Laskuri ja käyttöohjeet	47

KUVIOT

KUVIO 1.	Prosessin virtauskaavion symbolit.....	10
KUVIO 2.	Imuohjauksen impulssien kulku	17
KUVIO 3.	Teollisuusalat, joilla Konecranes toimii	19
KUVIO 4.	Liikevaihto, liikevoitto ja henkilöstö liiketoiminta-alueittain %	21
KUVIO 5.	Spacemaker-nostovaunun keskeiset komponentit	24
KUVIO 6.	Spacemaker-vaunun nostokoneisto.....	25
KUVIO 7.	Telamankeli	30
KUVIO 8.	Tacchi CNC-ohjattu sorvi ja sorvattu tela.....	33
KUVIO 9.	Valmis tela	35
KUVIO 10.	SM08-09-DRUM (S) Vaiheketjuaikakaavio	37

1. TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTUS

Toimitusvarmuus ja -luotettavuus ovat tärkeitä kilpailutekijöitä. Myöhästymät aiheuttavat merkittäviä kuluja, jotka saattavat ilmetä myöhästymissakkoina. Lisäksi kuluja syntyy merkittävästi imagon menetyksestä ja työnä, joka johtuu suunnitelmasta poikettaessa. Raportissa käytetään muutamia yleisesti tuntemattomampia termejä. Nämä termit ovat kuitenkin käytössä Konecranesilla, jonka takia niitä käytetään tässä raportissa. Nämä termit ovat selvityksineen listattuna seuraavaksi.

- Vaiheaika
 - Aika, jossa valmistettava kappale menee tietyn vaiheen läpi
 - Yksikkönä käytetään yleisesti työpäivää
- Kapasiteettiaika
 - Kapasiteettiajalla tarkoitetaan vaiheen toiminta-aikaa
 - Vaiheen toiminta-aikaan on laskettu yhteen koneen asetus aika, sekä kappaleen koneistusaika
 - Yksikkönä käytetään yleisesti minuutteja
- Vaiheketju
 - Vaiheketju rakentuu kappaleen läpikäymien vaiheiden ketjusta
 - Esim. Polttoleikkaus, sorvaus, hitsaus ja kokoonpano ovat vaiheita. Kun edellä mainitut vaiheet yhdistetään, syntyy vaiheketju
- Tuotemix
 - Lajitelma tehtävistä kappaleista
 - Esim. viikon tuotemix 12 kappaleelle voisi olla 2 isoa, 4 keskikoista ja 6 pientä kappaletta

1.1 Lähtökohdat

Opinnäytetyön aiheena oli ”köysitelalinjan ohjauslogiikan kehitys”. Valitsin tämän aiheen, koska olin jo aikaisemminkin ollut mukana köysitelalinjan kehityksessä suorittaessani opintoihini kuuluvaa harjoittelua. Työtä tarjottiin minulle opintoihini kuuluvan harjoittelun loppupuoolella. Työn toimeksiantaja on Konecranes Finland Oy:n komponenttitehtaan päällikkö Pasi Laiho, joka ehdotti kyseistä aihetta. Mielestäni aihe oli hyvä, koska aikaisempien kokemuksieni

perusteella valmistuslinjan ohjaus oli pääosin työnjohdon mielivaltaisen ohjauksen varassa. Aikaisemmin työnjohtaja yhdessä tuotannonohjaajan kanssa päättivät, mitkä telat tuotantoon tietyllä viikolla otetaan. Ajoittaminen perustui pelkästään linjan jatkuvaan seuraamiseen. Seurannan mukaan päätettiin, missä järjestyksessä telat linjalla valmistetaan. Samalla perusteella päätettiin myös, mitkä telat tehdään levystä, ja mihin ostetaan putki valmiina. Tällaisessa linjan ohjauksessa on ongelmana työnjohdon lomat, joiden jälkeen helposti unohtuu, missä järjestyksessä telat on suunniteltu tehtäväksi ennen lomia. Ohjausjärjestelmä on mielestäni aika sekava ja sen yksinkertaistamiseen oli tarvetta. Kehittämisaikakohta oli mielestäni hyvä, koska nykyisessä vaikeassa taloustilanteessa töiden määrä on vähentynyt. Näin ollen linjan muokkaus on paljon helpompaa, kuin kiireisinä aikoina.

Opinnäytetyö tehtiin osana vuonna 2008 alkanutta LOIKKA-projektia, jonka tavoitteena on saada Hyvinkään tehtaasta Konecranesin laadukkain, luotettavin ja mukautumiskykyisin valmistusyksikkö. Tähän yritetään päästä parantamalla toimitusvarmuutta, lyhentämällä läpimenoaikoja ja parantamalla työturvallisuutta. Tavoitteena on saada 100 %:n toimitusvarmuus siten, että vähintään 80 % tilauksista on ajallaan, 90 % korkeintaan viikon myöhässä ja 100 % kahden viikon sisään suunnitellusta valmistumisaikakohdasta. Läpimenoaikoja pyritään lyhentämään hankkimalla niihin tarvittavat materiaalit tarpeeksi aikaisin, jottei tuotanto myöhästy ostojen takia. Lisäksi jokainen prosessi käydään läpi ja yritetään löytää pullonkaulat. Työturvallisuuden tavoite on nolla tapaturmaa vuodessa. Tähän tavoitteeseen yritetään päästä työturvallisuuskieroksilla, joiden avulla epäkohtiin voidaan puuttua välittömästi.

Saapuessani tekemään opinnäytetyötä, oli LOIKKA-projekti jo hyvässä vauhdissa. LOIKKA-projektin tiimoilta oli köysitelalinjallekin tehty hankintoja, kuten uusi telasorvi. Uusi telasorvi tuli korvaamaan yhtä linjan kolmesta vanhemmasta koneesta, jonka suorituskyky ei enää täyttänyt linjalla valmistettavien kappaleiden vaatimuksia. Uusi sorvi on myös vanhaa telasorvia parempi, koska sillä työstettävien kappaleiden kokohaarukka on vanhaa suurempi. Tämä antaa joustavuutta linjalle, koska kappaletta työstettäessä koneen valinta ei ole enää täysin riippuvainen kappaleen koosta, vaan kappaletta työstävä sorvi voidaan valita paremmin sorvilla olevan kapasiteetin mukaan.

Linjan kehitys oli jo aikaisemmin edennyt siten, että erilaisten telavaihtoehtojen vaihe- sekä kapasiteettiajat oli mitattu ja kirjattu toiminnanohjausjärjestelmään. Kapasiteettiajalla tarkoitetaan jokaisen vaiheen toiminta-aikaa, eli kappaleen työstöajan ja asetusajan summaa. Kapasiteettiaika ilmoitetaan minuuteissa. Vaiheajalla tarkoitetaan aikaa, jossa valmistettava kappaleen on mentävä tietyn vaiheen läpi. Vaiheaika ilmoitetaan työpäivinä. Vaiheketjut tehdään erilaisille teloille vaiheajoista, näistä muodostuvat telojen läpimenoajat. Yksittäisen alusta asti itsevalmistettavan telan keskimääräinen läpimenoaika on 14,2 työpäivää. Alusta asti tehtävällä telalla tarkoitetaan linjalla levystä tehtävää telaa. Vaihe- ja kapasiteettiaikojen oikeellisuutta oli myös mitattu vuoden 2009 kesänä, mittaamalla telojen valmistamiseen oikeasti kuluvaa aikaa. Aikojä jouduttiin päivittämään, koska uusien konehankintojen myötä ne eivät enää olleet oikeellisia kyseisten koneiden osalta. Vaiheketjujen päivityksestä on tekeillä diplomityö.

Olin aikaisemmin työskennellyt linjalla, joten pohjatiedot prosessista olivat jo hallussa. Aikaisemmin olin myös seuraamassa vaiheaikojen oikeellisuutta opintoihini liittyvän harjoittelun aikana.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa linjan ohjausta, jonka kautta voitaisiin läpimenoaikaa saada lyhyemmäksi. Paremman ohjauksen kautta linjan läpimenoaika paranisi, koska työt voidaan ajoittaa paremmin. Kun ajoittaminen saadaan paremmalle tasolle, niin myöhästymien määrä putoaa. Myöhästymät vähenevät, koska linjan ylikuormitus vähenee ja kuorma jakautuu tasaisemmin tuotantolinjan eri soluihin. Paremman ohjauksen kautta pyritään keskeneräisen tuotanto saamaan pienemmäksi.

Tärkeää on saada tehtyä ohjauslogiikka, jonka avulla on helppo välttää viikoittaista ylikuormitusta. Kun linja ei kuormitu liikaa, säästetään rahaa, koska ylikuormituksesta johtuvat myöhästymät jäävät pois. Ylikuormitus aiheuttaa linjalle tukoksia, joiden purkamiseen voidaan tarvita ylitöitä. Ylityöt puolestaan aiheuttavat lisäkustannuksia, joilla on suora yhteys linjan tuottavuuteen.

Tärkeimmät ongelmat linjan kehityksen kannalta olivat:

- 1) Huono ohjattavuus
- 2) Epätasainen kuormitus
- 3) Tuotannon pullonkaulat
 - Aiheuttaa jonoja, eli suuri määrä keskeneräistä tuotantoa
- 4) Työt kulkevat solujen välillä epäjohdonmukaisesti edestakaisin
- 5) Työn etenemisen seuranta toiminnanohjausjärjestelmästä
- 6) Töiden oikea-aikainen raportointi

1.3 Toteutus

Tavoitteissa määriteltuihin ongelmiin lähdettiin etsimään vastauksia prosessianalyysin avulla. Prosessianalyysin kautta selkeni, miten valmistettavat tuotteet etenevät valmistusketjussa, ja kuinka köysitela valmistetaan. Analyysin pohjana käytettiin tietoja valmistuslinjasta, jotka olivat karttuneet aikaisemman työskennellessäni linjalla. Numeerisina lähtötietoina käytettiin toiminnanohjausjärjestelmästä saatuja kapasiteetti- ja vaiheaikoja.

Ratkaisuja etsittäessä pyrittiin noudattamaan Lean ajatusmallia, jossa läpimenoaika pyritään minimoimaan ja aikaa yritetään säästää mahdollisimman monessa paikassa. Linjan ohjausta kehitettäessä pyrittiin saamaan linjalle imuohjausta. Imuohjaus pyrkii vähentämään varastoja prosessissa. Lisäksi prosessianalyysin avulla pyrittiin paikantamaan linjalla mahdollisesti olevia pullonkauloja.

Prosessianalyysiin liittyen suunniteltiin linjalle muutamia mittareita linjan ohjaamisen helpottamiseksi. Prosessin virtauskaavion avulla pyrittiin selkeyttämään työn etenemistä linjalla.

Seuraavaksi laadittiin Excel-taulukkoja, joissa oli graafisesti esitettynä kapasiteettiajat suhteutettuna vaiheaikojen sisään. Näille taulukoille annettiin nimeksi vaiheketjuaikakaavio. Vaiheketjuaikakaavioiden tarkoituksena ei ollut muuta, kuin saattaa näkyville vaiheaikojen ja kapasiteettiaikojen erot. Tietenkin taulukoista nähdään myös erot ajoissa muiden vaiheketjujen välillä. Vaiheketjujen

vertailu on parhaimmillaan vertailtaessa teloja, joissa on sama määrä ympäryssaumojia. Vaiheketjuaikakaaviot ovat hyödyllisiä prosessin etenemisen seuraamisessa. Etenkin kaaviot olivat hyödyllisiä, kun tarkasteltiin prosessia ajankäytön kannalta.

Vaihe- ja kapasiteettiaikojen pohjalta luotiin ”Laskuri” Excel ohjelman avulla. Laskurin tarkoitus on laskea kuormitusta soluissa. Laskurilla voidaan myös laskea teoreettista keskeneräistä tuotantoa linjalla. Laskenta on teoreettista, koska se vaatii tasaisen tilausvirran. Tasainen tilausvirta on hyvin vaikea saavuttaa varsinkin vallitsevassa huonossa taloustilanteessa.

Työtä seurataan yrityksen puolesta kerran kahdessa viikossa järjestettävillä seurantapalavereilla. Seurantapalavereissa käydään läpi edellisen palaverin jälkeen aikaansaadut uudistukset ja asetetaan tavoitteet seuraavaa palaveria varten.

2. PROSESSIANALYYSI

2.1 Tavoitteet

Prosessianalyysin tavoitteina on saada aikaan analyysi prosessin kyvykkyydestä, rakentaa prosessin virtauskaaviot ja määrittää prosessin suorituskyvyn mittarit. (Alakangas 2006.)

2.2 Prosessianalyysin ehdot

Prosessi on mikä tahansa organisaation osa, joka ottaa syötteet vastaan ja muuttaa ne tuloksiksi, kuten köysitelalinja Konecranesilla. Prosessianalyysi voidaan suorittaa näille prosesseille. Jaksoaika puolestaan on keskimääräinen aika peräkkäisten tuotteiden valmistumisen välillä. Hyötysuhteella tarkoitetaan

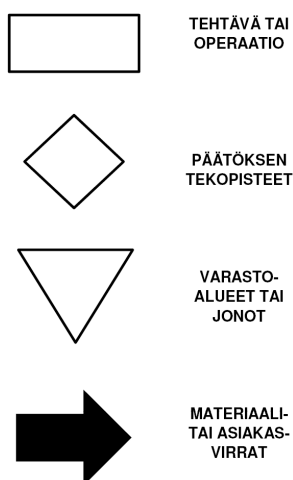
resurssin aktiivisen ajan suhdetta sen käytettävissä olevaan aikaan. (Alakangas 2006.)

2.3 Prosessin virtauskaaviot

Prosessin virtauskaavioita käytetään esittämään prosessin pääelementtejä. Prosessin pääelementit voivat sisältää tehtäviä tai operaatioita, materiaalivirtoja tai asiakkaita, päätöksentekokohtia, varastoja tai jonoja. Prosessin virtauskaavion tekeminen on ideaalinen menetelmä aloittaa prosessianalyysin tekeminen. (Alakangas 2006.)

2.3.1 Prosessin virtauskaavion symbolit

Prosessin virtauskaaviossa on jokaisella toiminnolla ennalta määrätty symboli. Näiden symbolien avulla kaaviota on helpompi lukea. Kyseisistä symboleista on hyvä tehdä liite virtauskaavioon lukemista helpottamaan. Perinteisesti käytetyt symbolit selityksineen ovat esiteltynä kuviossa 1. (Alakangas 2006.)



KUVIO 1. Prosessin virtauskaavion symbolit (Alakangas 2006.)

2.4 Prosessityypit

Eri prosessityyppejä ovat yksivaiheinen prosessi ja monivaiheinen prosessi. Yksivaiheisella prosessilla tarkoitetaan prosessia, jossa yksi vaihe tuottaa siihen syötettävistä syötteistä ulos saatavia tuloksia. Tällöin prosessi ei kulje muiden vaiheiden kautta.

Monivaiheisella prosessilla tarkoitetaan prosessia, jossa syötteet kulkevat monen vaiheen kautta ennen, kuin niistä tulee tuloksia. Monivaiheisen prosessin vaiheiden väliin voidaan sijoittaa bufferi eli puskurivarasto. Näihin buffereihin voidaan sijoittaa edellisestä vaiheesta saatavia tuloksia varastoon ennen seuraavaa vaiheen alkua. Buffereissa edellisen vaiheen tulokset muuttuvat seuraavan vaiheen syötteiksi. (Alakangas 2006.)

2.5 Muu prosessiterminologia

Blocking

Blocking tapahtuu prosessissa, kun vaiheen aktiviteetit täytyy pysäyttää, koska ei ole enää varastotilaa valmiille tuotteille. Jos työntekijällä ei ole tilaa laskea valmista kappaletta mihinkään, joutuu hän pitämään sitä voimatta jatkaa uusien kappaleiden valmistamista. (Alakangas 2006.)

Starving

Starving tapahtuu prosessissa, kun toiminta joudutaan pysäyttämään työn puutteen takia. Työntekijä odottaa työpaikallaan, ja koska prosessiin ei ole tulossa mitään työtä, jää työntekijä joutilaaksi, kunnes lisää töitä saapuu. (Alakangas 2006.)

Pullonkaula

Pullonkaula ilmenee prosessissa, kun vaiheen rajoitettu kapasiteetti aiheuttaa töiden kasautumisen tai, jos työt jakautuvat epätasaisesti prosessissa. Koska työntekijä työskentelee liian hitaasti prosessissa, työt kerääntyvät hänen

eteensä. Tällaisessa tapauksessa prosessin pullonkaulaa edustaa työntekijä. (Alakangas 2006.)

Nopeus

Prosessin nopeudella viitataan prosessin kiinteään läpimenoaikaan. (Alakangas 2006.)

2.6 Prosessin muut tyypit

Kun tuote valmistetaan tilauksesta, toimitetaan tuote todellisen tilauksen pohjalta. Tässä tapauksessa pyritään keskeneräinen tuotanto sekä lopputuotetarasto pitämään minimissään.

Kun tuotetta valmistetaan varastoon, toimii prosessi täyttääkseen ennustetun kysynnän. Varastoon valmistettaessa asiakastilauksia toteutetaan tavoitevarastotasoilla. (Alakangas 2006.)

2.7 Prosessin suorituskykymittarit

Prosessia mitataan erilaisilla mittareilla, jotka ovat lueteltuna seuraavaksi:

- $\text{Toiminta-aika} = \text{Asetusaika} + \text{ajoaika}$
- $\text{Läpimenoaika} = \text{Keskimääräinen aika tuotteen mennä järjestelmän läpi}$
- $\text{Nopeus} = \text{Läpimenoaika} / \text{Arvoa lisäävä aika}$
- $\text{Jaksoaika} = \text{Keskimääräinen aika tuotteiden valmistumisen välillä}$
- $\text{Läpimenonopeus} = 1 / \text{Jaksoaika}$
- $\text{Tehokkuus} = \text{Todellinen tuotos}$
- $\text{Tuottavuus} = \text{Tuotos} / \text{Panos}$
- $\text{Hyötysuhde} = \text{Toiminta-aika} / \text{Saatavilla oloaika}$

(Alakangas 2006.)

2.8 Prosessin läpimenoajan lyhentäminen

Prosessin läpimenoajan lyhentämiseksi toiminnot tulisi suorittaa rinnakkain, mikäli mahdollista. Läpimenoajan lyhentämiseen pyritään myös muuttamalla toimintojen järjestystä. Läpimenoaika saadaan mahdollisimman lyhyeksi myös vähentämällä keskeytyksiä prosessin sisällä. (Alakangas 2006.)

3. LEAN

3.1 Toiminta

Leanin perusajatuksena on tuottaa parempaa nopeammin ja vähemmillä resursseilla. Leanin tavoitteena on hävittää varastot, alentaa kustannuksia ja pyrkiä täydellisyyteen ilman virheitä. Se pyrkii muuttamaan kustannus- ja voittopainotteisen ajattelutavan lähemmäs asiakas- ja aikapainotteista. Leanin vaikutus kattaa koko yrityksen. Lean muuttaa päämäärät, asenteet ja tavoitteet. Tuotannosta tehdään mahdollisimman yksinkertaista, jolloin siitä saadaan joustavampaa. Tuotannon yksinkertaisuuden ansiosta asetusajat ovat lyhyitä. Huollot ja muutokset ovat helppo toteuttaa myös tuotannon yksinkertaisuuden takia. (Liukko & Kajaste 1994, 105.)

3.2 Vaatimukset

Lean ei aseta yritykselle suuria vaatimuksia. Tärkeintä on, että yrityksen koko organisaatio sitoutuu muutokseen. Yleensä vaaditaan jonkinlainen kriisi, että kaikki saadaan muutokseen mukaan. Kun henkilöstön asenteet on saatu muutettua ja Lean pääsee vauhtiin, niin resursseja alkaa vapautua sellaisiin tehtäviin, jotka tuottavat lisää arvoa tuotteille.

Lähtötilanteessa organisaation osaamiselle ei aseteta suurta vaatimusta. Leanin myötä organisaation osat ja ihmiset pystyvät toimimaan useammassa tehtävässä. Näin ollen organisaation osien ja ihmisten tehtäväkuva laajenee. Organisaation oppimisen taso nousee jatkuvan kysymyksien asettelun myötä. Leanissa työnjohtaja on osa tiimiä, ei vain käskyttäjä, vaan ihmisten johtaja. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

3.3 Toteutus

Muutoksen organisaatiossa täytyy lähteä liikkeelle yrityksen johdosta, jotta Leanin toteutus olisi mahdollista. Yrityksen johdolta vaaditaan uskoa Leaniin, ja halua tehdä suuria muutoksia toimintatavoissa. Henkilökunta täytyy pitää tietoisena muutoksista, muutosten etenemisestä ja syistä, miksi muutokset tehdään. Täytyy myös muistaa kertoa, mitä muutoksilla voidaan saavuttaa, ja millaista panosta se heiltä vaatii. Jotta työntekijöitä voidaan hyödyntää ongelman ratkaisijoina, täytyy heidän olla jatkuvasti ajan tasalla tapahtumien kulusta.

Työntekijöiden ammattitaito on kehitettävä niin laajaksi, että he pystyvät toimimaan useassa tehtävässä ja paikkaamaan esimerkiksi toisen työntekijän poissaoloa. Töitä tulee tehdä ryhmän edun mukaisesti. Yhdenkään työntekijän poissaolo ei saa olla syynä tuotannon pysähtymiselle. Työntekijöiden antaessa täyden panoksen yrityksen toiminnalle, on johdon vastineeksi sitouduttava puolustamaan heitä ongelmatilanteissa.

Tuotannon ongelmia on mahdollista alkaa ratkomaan vasta, kun työntekijät ovat saaneet koulutusta aiheesta. Tieto-aidon ollessa korkealla tasolla, pystytään asetusaikoja lyhentämään ja laatua parantamaan. Tuotantoa pyritään pyörittämään mahdollisimman pienillä varastoilla. Pienet varastot tuovat pullonkaulat esiin. Pullonkauloja rikkomalla saadaan läpimenoaikaa lyhyemmäksi. Ennen kuin työtapoja edes yritetään muuttaa, tulee varmistua työntekijöiden riittävästä koulutuksesta. Ilman tietoa ei esiin tulevia ongelmia pystytä ratkaisemaan, ja Leanin avulla saavutettavissa olevat tulokset jäävät saavuttamatta. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

3.4 Hyöty

IMVP-tutkimuksen mukaan Leaniä käyttävä yritys pystyy tuottamaan puolella määrällä resursseja parempaa laatua ja enemmän tuotteita, kuin yritys joka ei käytä Leaniä. Yritys on erityisen vahvoilla, kun se sijaitsee lähellä kohdemarkkinoita, ja sen toiminta on kansainvälistä.

Asiakkailleen Lean yritys pystyy tarjoamaan nopean reagoitokyvyn kysynnän muutoksiin. Lean yritys voi myös reagoida mahdollisiin virheisiin nopeasti. Asiakkaat tunnetaan hyvin ja heidän tämänhetkiset ja tulevat tarpeensa tiedostetaan. Valmistettavasta tuotteesta saavutetaan Leanin avulla parempi asiantuntemus. Leanilla saavutetuista tuloksista hyötyvät niin yritys, kuin asiakas. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

3.5 Lean mittarit

Leanin tärkeimmät mittarit ovat kustannukset, laatu, aika, joustavuus, henkilöstö ja tulos. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

Kustannukset

Tuotantokustannusten seurannassa on mahdollista käyttää mittarina työtunteja valmistunutta tuotetta kohden, tai käytettyjen raaka-aineiden määrää valmistunutta tuotetta kohden. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

Laatu

Hyvä laadun mittari on alihankkijoiden toimittamien tavaroiden laatuvirheiden määrä. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

Aika

Lean pyrkii radikaalisti vähentämään läpimenoaikaa. Tuotannon nykyistä läpimenoaikaa seuraamalla saadaan vertailukohta vanhaan läpimenoaikaan. Nopeammasta läpimenoajasta seuraa pienemmät varastot. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

Joustavuus

Joustavuutta voidaan mitata koneiden käyttöasteella, joka tulisi saada mahdollisimman korkeaksi. Joustavuutta voidaan kasvattaa käyttämällä yksinkertaisia koneita, jotka ovat myös käyttövarmoja. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

Henkilöstö

Työn sujuvuus luo työntekijöille stressittömän ympäristön, vaikka jokainen yrittäisikin kovemmin. Työsuhteen jatkuvuus luo turvallisuuden tunnetta. Työtyytyväisyyttä voi mitata poissaolojen määrällä ja työtyytyväisyysmittauksilla. Henkilöstön tyytyväisyyttä voidaan mitata parannusehdotusten määrällä, sekä poissaolojen määrällä. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

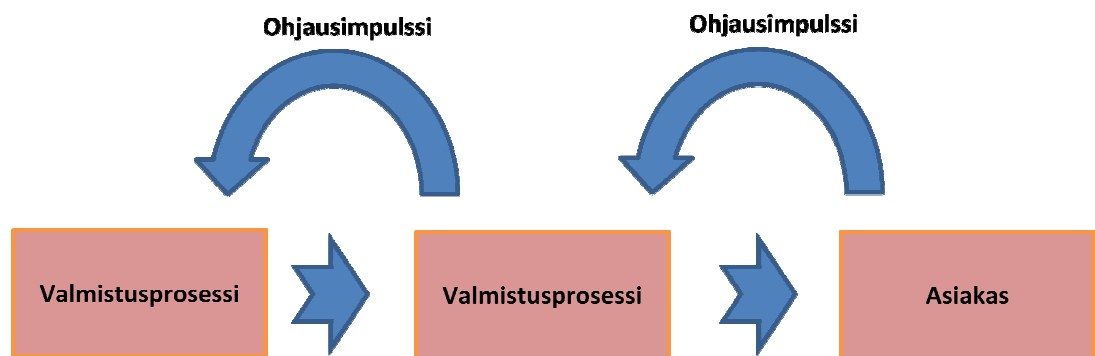
Tulos

Pääoman tuottoaste on hyvä mittari koko yrityksen toimintaan. Liikevaihdon kehitystä seuraamalla voidaan mitata, millaisena asiakas näkee tuotteiden laadun. Tuottavuutta mittaa parhaiten tuotettu jalostusarvo, joka jaetaan valmistuspaikoille ja investoinneilla. (Liukko & Kajaste 1994,105.)

4. IMUOHJAUS JA KAPEIKKOAJATTELU

4.1 Imuohjaus

Imuohjaus perustuu todelliseen välittömään tarpeeseen. Osia ja tuotteita valmistetaan vain sen verran, mitä seuraava työvaihe tarvitsee. Tarveimpulssit etenevät valmistusketjussa lopusta alkuun päin. Impulssien kulku on esitettyinä kuviossa 2. Käytännössä imuohjaus toteutetaan pienten puskurivarastojen avulla. Tilausimpulssi voidaan välittää imuohjauskortin avulla edelliseen työvaiheeseen sitä mukaan, kun puskurivarastoja kulutetaan. Impulssina voi toimia myös esimerkiksi laatikko, joka toimitetaan osavalmistusosastolle, kun se on tyhjä. (Haverila & Uusi-Rauva 2005,422.)



KUVIO 2. Imuohjauksen impulssien kulku

4.1.1 Vaatimukset

Imuohjaus vaatii toimiakseen lyhyen läpäisyajan ja virheettömän laadun. Osien ja materiaalien tulisi pysyä samoina. Osien ja materiaalien menekki tulisi myös olla tasaista. Edellä mainittujen ehtojen täyttyessä, on pienien ja nopeasti kiertävien puskurivarastojen luominen mahdollista. (Haverila & Uusi-Rauva 2005,422.)

4.1.2 Tulos

Imuohjauksella saavutetaan pienemmät varastointi tarpeet, näin ollen varastointi kustannukset laskevat. Materiaalin kierto saadaan nopeammaksi, sekä materiaalissa kiinni oleva omaisuus on vähemmän aikaa sidottuna, jolloin se saadaan nopeammin käyttöön uusia sijoituksia varten. (Haverila & Uusi-Rauva 2005,422.)

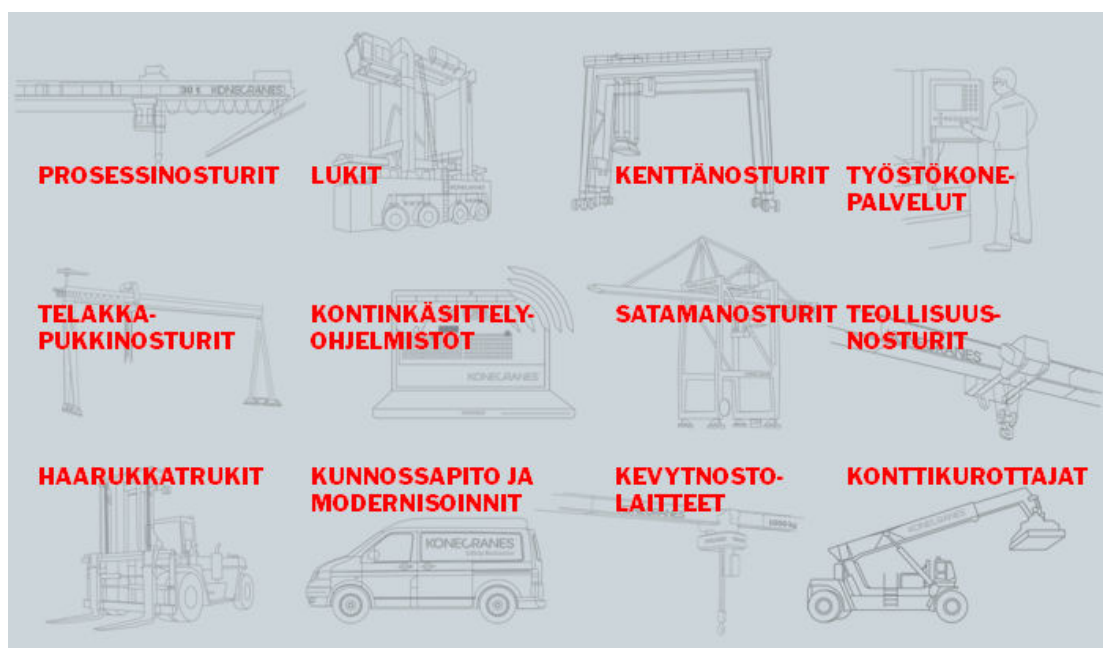
4.2 Kapeikkoajattelu

Kapeikkoajattelun lähtökohtana on etsiä valmistuksen kapeikot eli niin sanotut pullonkaulat. Pullonkaulat ovat tuotannon kohtia, joissa jonkin työpisteen kapasiteetti ei riitä, ja ne estävät prosessia saavuttamasta korkeampaa suorituskykyä. Kapeikkoajatuksessa kapeikot otetaan tuotannon ohjauksen lähtökohdaksi. Tuotanto pyritään maksimoimaan kapeikossa, ja muualla varastokustannukset, käyttökustannukset sekä läpäisy aika minimoidaan. On otettava huomioon, että erilaisten häiriötekijöiden vuoksi materiaalin virtaus vaarantuu. Perinteisesti häiriötilanteiden varalle on rakennettu puskurivarastoja. Kapeikko-ohjauksessa riittää, että kriittiset resurssit on varmistettu. (Riikonen & Parkkinen 2007)

5. KONECRANES OY

5.1 Esittely

Konecranes Oy on yksi maailman suurimmista nosturinvalmistajista ja maailman suurin nosturihuolto-yhtiö. Konecranes työllistää noin 9800 työntekijää 43 maassa, ja sen liikevaihto vuonna 2009 oli noin 1671 miljoonaa euroa. Konecranes Oy:n eri liiketoiminnan alueet voidaan nähdä kuviosta 3.



KUVIO 3. Teollisuusalat, joilla Konecranes toimii (Lundmark 2010.)

Vuosituotanto Konecranes Oy:llä on yli 30 000 nosturia ja köysinostinta, sekä kymmeniä tuhansia ketjunostimia. Raskaita prosessi-, satama-, terminaali- ja telakkanostureita valmistuu vuosittain 600. Trukkeja ja konttikurottajia valmistetaan vuosittain 423 ja sähköisiä ohjausjärjestelmiä 55 000. Konecranesilla on yli 370 000 erilaista nosturia huoltosopimuskannassaan.

Konecranes Oy jakautui aikaisemmin kolmeen pienempään kokonaisuuteen. Nämä kokonaisuudet olivat raskasnostolaitteet, standardinostolaitteet ja huolto. Vuoden 2010 alusta standardinostolaitteiden ja raskasnostolaitteiden kokonaisuudet yhdistettiin. Opinnäytetyöpaikkani Hyvinkään toimipisteessä on osa raskasnostolaitteiden kokonaisuutta eli entistä Konecranes Heavy Lifting Oy:tä. Yhtiö tunnetaan nykyään nimellä Konecranes Finland Oy. Toinen valmistava tehdas Suomessa sijaitsee Hämeenlinnassa, ja se on keskittynyt standardinostolaitteisiin. Hämeenlinnan tehdas on nykyään myös osa Konecranes Finland Oy:tä. Konsernin pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä.

5.2 Historiaa

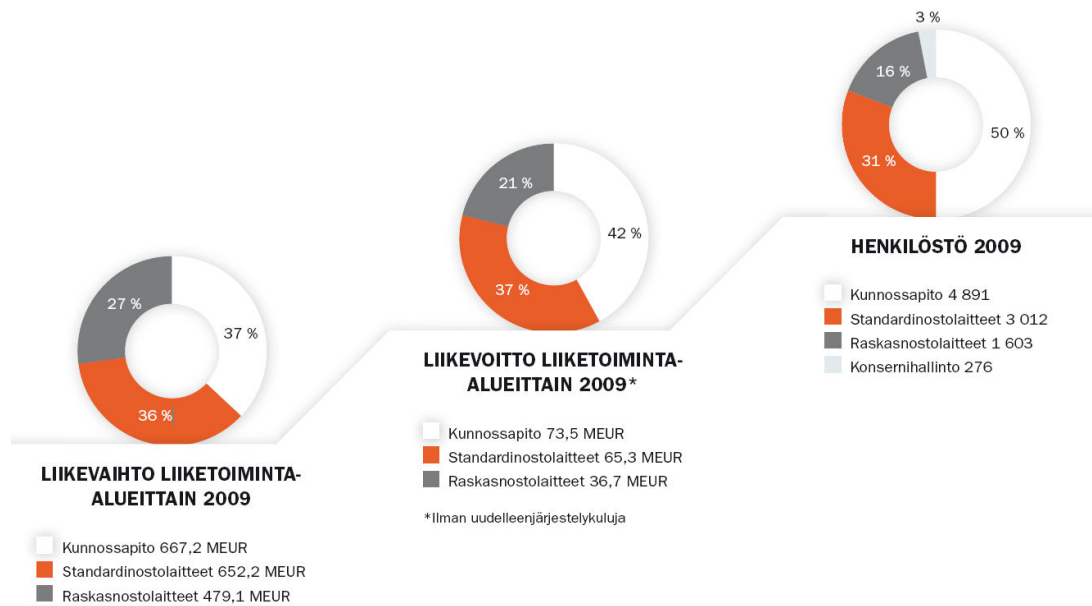
KONE Oy aloitti toimintansa sähkömoottoreiden korjauspajana vuonna 1910. Siltanostureiden tuotanto alkoi vuonna 1933 ja köysinostinten vuonna 1936. Ensimmäinen satamanosturi valmistui vuonna 1950. Ensimmäinen ennakoivan huollon sopimus solmittiin vuonna 1960.

Vuonna 1973 alkoi KONE Oy:n kansainvälinen laajentuminen yrityskaupoilla. Yrityksiä ostettiin Yhdysvalloista vuonna 1973, Ranskasta vuonna 1985, sekä Iso-Britanniasta ja Saksasta vuonna 1997.

KONE Oy:n nosturidivisioona perustettiin vuonna 1988. Konecranes Irtautui KONE Oy:stä itsenäiseksi yhtiöksi vuonna 1994 ja listautui pörssiin vuonna 1996.

5.3 Raskasnostolaitteet (Hyvinkää)

Raskasnostolaitteisiin keskittyneen osan Konecranes Finland Oy:tä pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä, konsernin pääkonttorin yhteydessä. Raskasnostolaitteita valmistavan osan liikevaihto oli vuonna 2009 27 % koko konsernin liikevaihdosta, eli noin 479,1 miljoonaa euroa. Liikevaihdon, liikevoiton ja henkilöstön jakautuminen liiketoiminta-alueittain ovat esiteltyinä kuviossa 4. Hyvinkään tehdas kuuluu pääosin raskasnostolaitteita valmistavaan osaan ja se jakautuu myös pienenpiin kokonaisuuksiin. Opinnäytetyö tehtiin nosturikomponentteja valmistavaan kokonaisuuteen.



KUVIO 4. Liikevaihto, liikevoitto ja henkilöstö liiketoiminta-alueittain %
(Lundmark 2010.)

Nosturikomponentteja valmistava tehdas, joka sijaitsee Hyvinkäällä, jakautuu myös kolmeen pienempään osaan. Nämä kokonaisuudet ovat CHC, CHG ja CHE. CHC on mekaanisia nosturikomponentteja valmistava tehdas. Se valmistaa teloja, kantopyöriä, päätyjä ja nostovaunuja. CHG on nosturin vaihteita ja vaihteenosia valmistava tehdas. Kolmantena on CHE, joka on keskittynyt nosturin sähkökomponenttien valmistukseen.

Opinnäytetyöni tehtiin CHC:n tehtaaseen, ja sen köysiteloja valmistavaan osaan. Samassa rakennuksessa valmistetaan myös nosturin kantopyöriä. Tässä rakennuksessa koneistetaan ja kokoonpannaan myös nosturin päätyjä. Linjasta puolet on omistettu köysitelojen valmistukselle ja toinen puoli päädyille ja kantopyörille.

6. ILM ("ILMARI") TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄ

iLM:n on kehittänyt ja omistaa Konecranes Standard Lifting Oy. Kun Konecranes Standard Lifting Oy ja Konecranes Heavy Lifting Oy yhdistyivät vuonna 2010, järjestelmän omistus siirtyi uudelle Konecranes Finland Oy:lle. Ohjelmasta tuli ensimmäinen kaupallinen versio 90-luvun alussa. Siitä kehitettiin ensimmäinen oma versio vuonna 1995 nimellä LM-2000 (OTUS). LM-2000:sta kehitettiin uusi versio iLM 2002. Ohjelmasta ilmestyi uusi parannettu versio iLM Web vuonna 2008.

Ohjelma oli laajasti käytössä Konecranes Standard Lifting Oy:ssä, ja se otettiin käyttöön myös Konecranes Heavy Lifting Oy:ssä vuonna 2007. Ohjelmaa käytetään Suomessa, Ranskassa, Saksassa, Iso-Britanniassa, Yhdysvalloissa, Kiinassa, Singaporessa ja Italiassa.

iLM:stä löytyy eri moduuleita mm. logistiikka, tuotanto, osto, inventaario ja varastonhallinta. Moduuleissa voi suorittaa erilaisia hakuja, joista saatavia raporteja voidaan käyttää konsernin eri toimintojen suorittamiseen. Tavarantoimitus, vastaanotto, pakkaaminen, lähettäminen ja laskuttaminen tapahtuvat kaikki iLM:n kautta. Komponenttien keräyslistojen tulostaminen, sekä työn tietojen hankkiminen tapahtuu myös iLM:n avulla.

Tuotannossa töiden aloitetuksi- ja valmiiksiiraportointi tapahtuu täysin iLM:n kautta. Työntekijät raportoivat tekemiään vaiheita aloitetuiksi ja valmiiksi solujen työjonosta. Työnjohtajat raportoivat tarvittaessa suurempia kokonaisuuksia. iLM:stä voi tulostaa raportin valmistuneista tuotteista ja valmistettavan tuotteen läpikäymistä vaiheista. Esimerkiksi lista viikossa valmistuneista tuotteista voidaan tulostaa järjestelmästä. Työntekijät syöttävät työtuntinsa töiden työnumeroiden avulla niille töille, joiden tekemiseen he ovat työaikaansa käyttäneet. Näin kustannuslaskelmasta voidaan laskea tarkasti työnumerolle kertyneet kulut.

Työsuunnittelu ja ostotoiminta tapahtuvat iLM:n avulla. Tuotannonohjaaja purkaa tehtävät työt solujen työjonoihin ja muualta hankittavat komponentit ostajien ostojonoihin. Tuotannonohjaaja aikatauluttaa tehtävät työt prosessiin ja määrittää tarvittavan vaiheketjun. Ostotoiminnan helpottamiseksi iLM:n

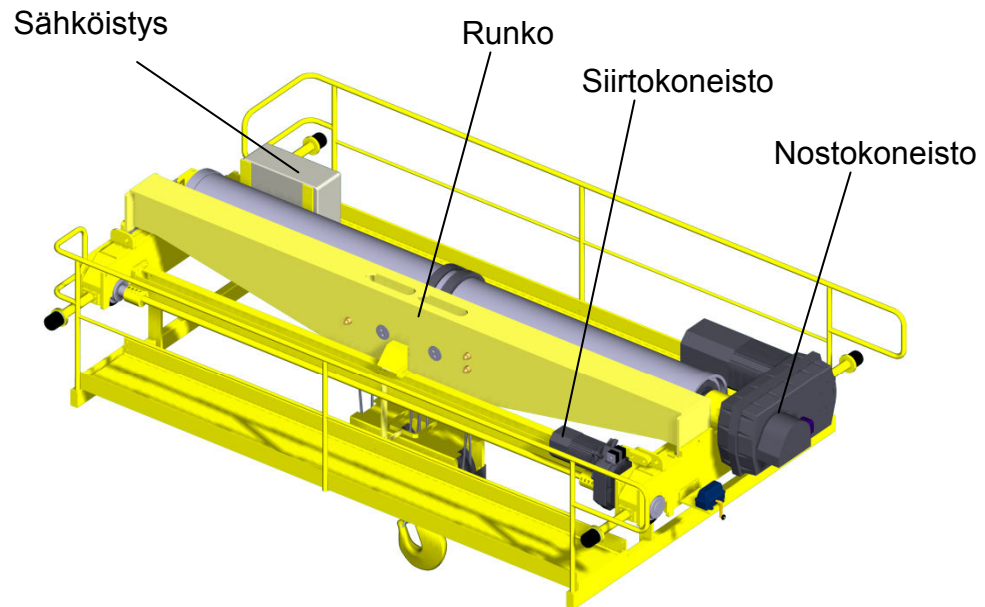
avulla voi tehdä tarjouskyselyitä. iLM:n avulla voidaan myös tehdä ostotilauksia. Ostotilaukset voidaan myös lähettää EDI-tilauksina tietyille toimittajille suoraan heidän järjestelmiinsä. Suurin osa ostotilausten lähettämisestä tapahtuu kuitenkin edelleen perinteisillä menetelmillä eli faksilla ja sähköpostilla.

7. TUOTTEEN ESITTELY

Esimerkkinä käytetään Spacemaker-nosturia, joka on tavallisimpia prosessinostureita Konecranesin tuotannossa. Prosessinosturilla tarkoitetaan siltanosturia, jotka useimmiten toimivat sisätiloissa.

7.1 Vaunu

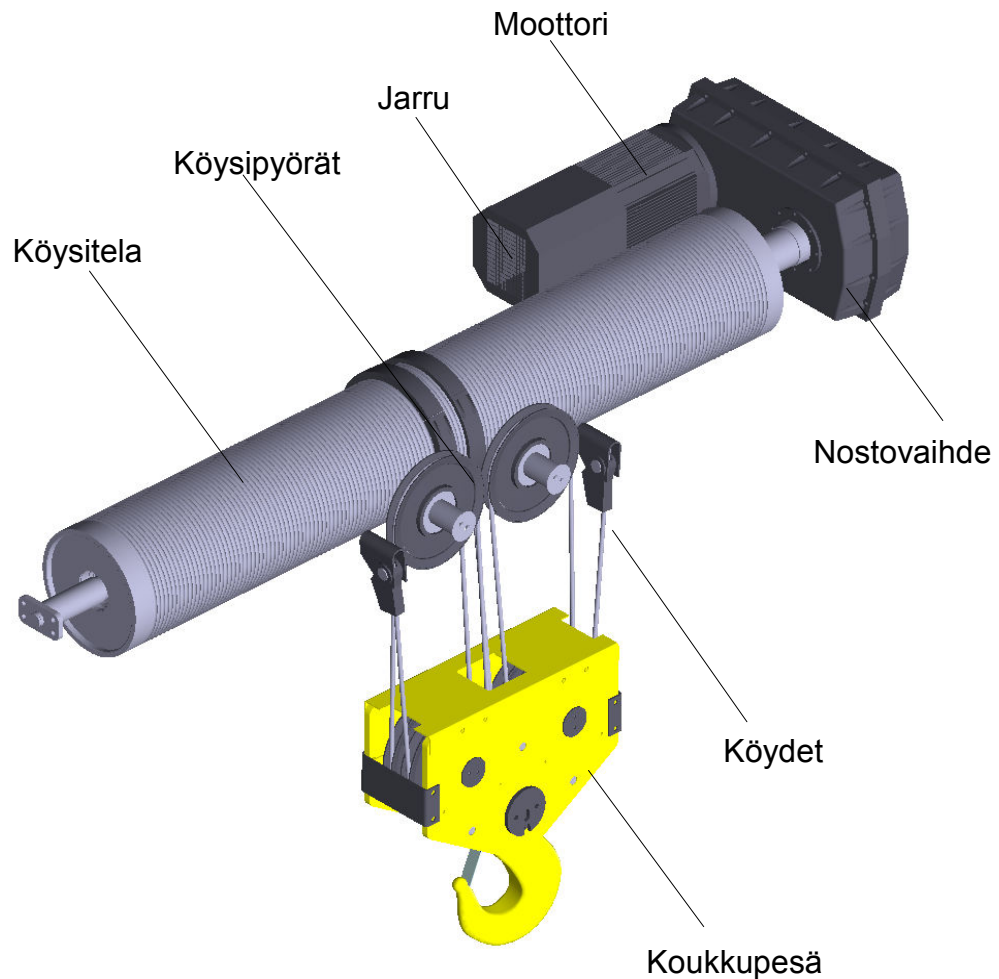
Nostovaunu liikkuu siltanosturin sillan päällä, ja siihen on sijoitettu suurin osa nosturin tärkeimmistä komponenteista. Vaunun tärkeimmät osat ovat tarkemmin esitettynä kuviossa 5.



KUVIO 5. Spacemaker-nostovaunun keskeiset komponentit (Korpinen 2008,43.)

7.2 Nostokoneisto

Nostokoneiston tarkoitus on nostaa ja laskea kappaletta. Nostokoneistoa pyörittää sähkömoottori, josta saatu voima muutetaan vaihteen avulla nostolle sopivaksi. Vaunun nostokoneiston muodostavat seuraavat komponentit: moottori, jarru, nostovaihde, köysitela, köysipyörät, köydet ja koukkupesä. Kyseiset komponentit ovat näkyvillä kuviossa 6.



KUVIO 6. Spacemaker-vaunun nostokoneisto (Korpinen 2008,46.)

Nostokoneistoon voi kuulua yksi tai kaksi vaihteen ensiöakselille kiinnitettävää nostomoottoria. Oikosulkumoottorit ovat tavallisimpia nostomoottorityyppejä. Nostojarru on tavallisesti sijoitettu moottorin vapaaseen päähän, mutta se voidaan asentaa myös vaihteen ensiöakselille, vaihteen vastakkaiselle puolelle. Yleensä nostovaihteena käytetään kolme- tai neljäportaista lieriövaihdetta, joka on kiinnitetty nostovaunun päätykannattimen päälle. Normaalisti Spacemaker-vaunujen nostoeliminä toimii koukkutakeella ja köysipyörillä varustettu nostokoukku.

7.3 Köysitela

Nostovaihteen toisioakselille on kiinnitetty teräsputkesta sorvattu köysitela, jonka vapaa pää on tuettu päätykannattimeen. Köysitelan konstruktio määräytyy vaunutyyppin, nostokorkeuden, köysivälityksen ja köyden halkaisijan perusteella. Nostotapahtuman aikana telalle asennettavat köydenohjaimet varmistavat teräsköyden pysymisen telalle koneistetuissa köysiurissa.

8. KÖYSITELAN VALMISTUS

Konecranes Finland Oy:n köysitelalinjalla on käytössä solumallinen valmistusvirta. Köysitelalinjan telasorvit ovat CNC-ohjattuja automaattisorveja. Näin ollen koneiden ohjaukset, sekä työkalunvaihdot tapahtuvat automaattisesti. Muunlaista automaatiota linjassa ei juuri ole. Esimerkiksi kokoonpano toimii suuresti käsin, nostimia ja muunlaisia työkaluja käytetään tietenkin työn helpottamiseksi.

Köysitelanvalmistus rakentuu erilaisista vaiheista, jotka suoritetaan linjan soluissa. Näistä vaiheista rakentuvat linjalle vaiheketjut. Köysitelalinjan solut ovat polttoleikkaussolu, mankelisolu, hitsaussolu, sorvaussolu, jysintäsolu ja kokoonpanosolu. Työsuunnitteluvaiheessa tuotannonohjaaja määrittää tarvittavat vaiheet eli vaiheketjun. Tuotannonohjaaja määrittää myös, tehdäänkö köysitela levystä vai ostetusta ainesputkesta. Vaiheiden määrä riippuu oleellisesti siitä, tehdäänkö köysitela levystä vai ainesputkesta. Ainesputkesta tehtäessä telan hinta nousee huomattavasti korkeammaksi kuin levystä tehtäessä. Näin ollen ei ole suositeltavaa valmistaa teloja ainesputkista. Teloja joudutaan kuitenkin ajoittain valmistamaan ainesputkesta jos ilmenee viivästymistä telan valmistuksen alkupään vaiheissa. Esimerkiksi telamankelin ollessa huollossa, joudutaan turvautumaan ostoputkiin. Seuraavaksi käyn läpi telanvalmistusprosessin solujen osalta vaiheittain. Näistä vaiheista muodostuu vaiheketju,

joka on riippuvainen tilatun telan erillisistä määrityksistä. Suurin osa teloista on standardoituja malleja, joille piirustukset ovat ennestään valmiina. Standardoiduissa malleissa voi telan pituus tietenkin muuttua nostokorkeuden muuttuessa. Vaikka standardisoidun telan nostokorkeus muuttuisikin, niin pysyy telan piirustus kuitenkin samana. Muutokset piirustuksissa toteutetaan yleensä kuvavarianteilla. Erikoisprojekteja varten tietysti joudutaan piirtämään uudet piirustukset.

8.1 Tilauksen vastaanotto

Ennen kuin tuote saadaan valmistukseen komponenttitehtaalle, on asiakkaalta tultava ostotilaus, jonka pitää käydä läpi tilauskäsittelyn eri vaiheet. Tilauksen ensimmäinen vaihe tapahtuu, kun Konecranes Oy:n myyjät saavat asiakkaalta nosturitilauksen. Tilaus tulee seuraavassa vaiheessa projektien hallintayksiköön GOM:iin, jossa projektille valitaan projektityöryhmä ja projektipäällikkö. Projektipäällikön johdolla projekti jaetaan edelleen nosturikomponentteja valmistaviin yksiköihin. Seuraavaksi tuotannonohjaaja vastaanottaa tilauksen GOM:sta.

Tuotannonohjaaja työsuunnittelee tilauksen tuotantoon eli määrittää tarvittavan vaiheketjun, ja ajoittaa komponentin linjan kapasiteetin mukaan. Ajoittamisella on tärkeä rooli myöhästymien muodostumisessa. Sillä, jos tuotannonohjaaja ajoittaa tietylle viikolle töitä yli prosessin kapasiteetin, niin prosessissa syntyy todennäköisesti myöhästymää. Tuotannonohjaaja siirtää ostettavat ja alihankittavat komponentit teknisten ostajien ostojonoon. Tekninen ostaja poimii ostettavat ja alihankinnassa tehtävät komponentit ostojonosta ja tilaa ne.

Kun työ on valmis valmistettavaksi, tulostaa työnjohtaja tarvittavat piirustukset ja työmääräimet työntekijöille tuotantoon. Joillain linjoilla työntekijä tulostaa itse tarvittavat dokumentit.

8.2 Polttoleikkaus

iLM:ssä polttoleikkaussolun tunnus on C_POL. Polttoleikkaus tehdään luonnollisesti vain levystä tehtäville köysiteloille. Työntekijän aloittaessa työt, hän poimii työmääräimen iLM:stä solunsa työjonosta ja tarvittavat piirustukset Ver-texPDM-piirustustietokannasta. Työmääräimestä saadaan työn tiedot. Näihin tietoihin kuuluvat raaka-aine ja kappale määrä. iLM:stä saadaan siis työmääräin ja työn saatekortti. Joissain tapauksissa voi työnjohtaja määrittää, minkä telan työntekijä ottaa seuraavaksi työn alle. Tässä vaiheessa yleensä työ raportoidaan aloitetuksi.

Polttoleikkaus tapahtuu siten, että ensiksi lasketaan levypituudet ja levyn liittämiseen tarvittavat viisteet. Jokaiseen levyyn tehdään hitsausviisteet putken pituussauman hitsausta varten. Jos putken pituus ylittää 2500 mm, niin putki on tehtävä kahdesta tai useammasta osasta, koska telamankeliin mahtuu vain 2500 mm leveä levy. Tässä tapauksessa on levyihin tehtävä viisteet myös ympäryssaumaa varten. Seuraavaksi valitaan suuttimet. Leikkauksessa käytetään tuplasuutinta liitosviisteitä tehtäessä.

Laskennan jälkeen työntekijä nostaa nosturilla raakalevyn varastotelineestä polttoleikkauspöydälle. Raakalevyyn piirretään malli leikattavasta kappaleesta. Kaasu- ja happihanat avataan ja säädetään paineet oikeiksi. Levyt leikataan polttoleikkauksella ja tehdään hitsausviisteet tuplasuuttimien avulla. Leikkaustapahtuman jälkeen, kappale puhdistetaan ja kirjataan sulatusnumerot ylös. Materiaalin sulatusnumeroiden kirjaaminen ylös on tärkeää, koska se helpottaa suuresti materiaalin jäljittämistä jälkikäteen. Jäännöslevy palautetaan varastoon ja valmiit ahiot viedään levyvakkiin mankelointipaikalle. Kun nämä vaiheet on tehty, työntekijä raportoi työn valmiiksi samalla lisäten sulatusnumeron iLM:ään. Valmiiksi raportoinnin yhteydessä tehdään myös materiaali-poistot järjestelmästä. Polttoleikkauksen valmiiksi raportoinnin kohdalla on järjestelmää muokattu siten, ettei työntekijä voi raportoida kappaletta valmiiksi syöttämättä ensin sulatusnumeroa. Tämä muokkaus on tehty, jotta sulatusnumeron syöttäminen ei unohtuisi.

8.3 Mankelointi ja kalibrointi

Putken mankelointi ja kalibrointi tapahtuvat mankelointi solussa, jonka tunnus on C_TELAMAN. iLM:stä otetaan työmääräin, joka kertoo työn tiedot. Näihin tietoihin kuuluvat aihion mitat ja putkien kappalemäärä. Kappaleen saatekortti saadaan myös iLM:stä. Kun työntekijä päättää aloittaa mankeloinnin, hän raportoi työn aloitetuksi. Levy noudetaan nosturilla levyvakista mankelointikoneen pöydälle, keskitetään koneellisesti ja syötetään koneeseen.

Käyttäjä ohjaa mankelia pyörillä siirrettävän ohjauspaneelin avulla. Levyä taivutetaan molemmista päistä putken sädettä vastaavaksi sivutelojen avulla. Päiden taivutus tarkistetaan sädetulkin avulla. Levy mankeloidaan putkeksi sivuteloja nostamalla ja levyä siirtämällä, kuten kuviosta 7 nähdään. Liitosaumat tasoitetaan 500 mm välein kulmahiomakoneella. Hitsausrailo tarkistetaan ja tarvittaessa levyn päät painetaan mankelilla samaan tasoon. Kun levy on mankeloitu putkeksi, koneen pääty käännetään alas, ja putki siirretään nosturilla hitsauspaikalle odottamaan hitsausta. Sivutelojen liukupinnat voidellaan käytön jälkeen Molycote voiteluaineella. Mankelin asettamat rajat mankeloitavalle putkelle ovat: minimihalkaisija on 480 mm, levyn maksimileveys on 2500 mm ja -paksuus 55 mm.



KUVIO 7. Telamankeli

Kalibrointi tapahtuu myös mankelointisolussa. Kalibrointi tehdään putken pituussauman hitsauksen jälkeen. Kalibroinnissa tarkistetaan putken pyöreys ja suoruus, jotka ovat saattaneet muuttua hitsauksen seurauksena. Tarvittaessa mankelilla mankeloidaan putkea taas pyöreämmäksi ja suoremmaksi. Jos hitsaus on mennyt todella huonosti eikä tilannetta voida korjata mankeloimalla, niin hitsisauma on avattava ja putki on mankeloitava uudestaan. Tämä on kuitenkin harvinaista, ja edellyttää hitsaajalta todella suurta virhettä. Mankelointi ja kalibrointi ovat iLM:ssä yksi vaihe, ja vasta tässä vaiheessa se raportoidaan valmiiksi.

8.4 Telaputken jauhekaarihitsaus ja ultraäänitarkistus

Hitsaus ja ultraäänitarkistus toimivat solussa, jonka tunnus on C_TELAHIT. Hitsaaja ottaa työmääräimen iLM:stä, josta selviää hitsattavan kappaleen tie-

dot, kuten materiaali, kappalemäärä, ja onko putki yksi- vai moniosainen. Hitsaaja raportoi työn aloitetuksi iLM:ään. Hitsaaja hioo putkeen tehtävien silloituksien päät sekä heftaa aloitus- ja lopetuspalat hitsausrailoon. Hitsaaja säättää hitsauskoneeseen oikeat hitsausarvot ja hitsaa railon pohjan MAG–menetelmällä valmiiksi jauhekaarihitsausta varten.

Täyttöhitsaus suoritetaan jauhekaarimenetelmällä. Putken ulkopuolelta hitsaus suoritetaan hitsaustornin avulla ja sisäpuolelta hitsauskärsän avulla. Ulkopuolinen hitsaus suoritetaan yhdellä hitsauspäällä, kunnes pohja kestää TANDEM–hitsauksen. TANDEM–hitsaus tarkoittaa useammalla hitsauspäällä hitsaamista. Ennen sisäpuolien hitsausta sauman tulee jäähtyä noin 8 tuntia. Kun sauma on jäähtynyt noin puolet ajasta, voi kuitenkin suorittaa sauman pohjapalon juuren tarkistuksen. Tarvittaessa hitsisauman avaus suoritetaan hiomalla. Ennen kalibrointia aloitus- ja lopetuspalat poistetaan, sekä hiotaan putken päät.

Kun putkea tarvitsee jatkaa, tapahtuu jatkaminen pyöritysrullien päällä. Kalibrointi on oltava tehtynä tässä vaiheessa. Jatkettavien osien tulee olla samansuuntaiset. Samansuuntaisuus tarkistetaan ennen railon pohjan hitsaamista. Myös ympäryssauman pohjan hitsaaminen tapahtuu MAG–menetelmällä. Ympäryssauman jauhekaarihitsaus suoritetaan pystyhitsinä. TANDEM–hitsausta ei käytetä. Valmis telaputkiaihio siirretään jäähtymään ja odottamaan ultraäänitarkistusta.

Jos putki ei ole jatkettava, niin suoritetaan ultraäänitarkastus heti kalibroinnin jälkeen. Hitsisauman tulee jäähtyä noin vuorokauden verran ennen ultraäänitarkistusta. Ultraäänitarkistus suoritetaan hitsisauman päältä, ja sen suorittaa Inspecta Oy:n asiantuntija. Ultraäänitarkastaja tekee työstään tarkistuspyytäkirjan asiakasta varten. Kun putki on onnistuneesti tarkistettu, hitsaaja raportoi vaiheen valmiiksi.

8.5 Telaputken sorvaus CNC-ohjatulla sorvilla

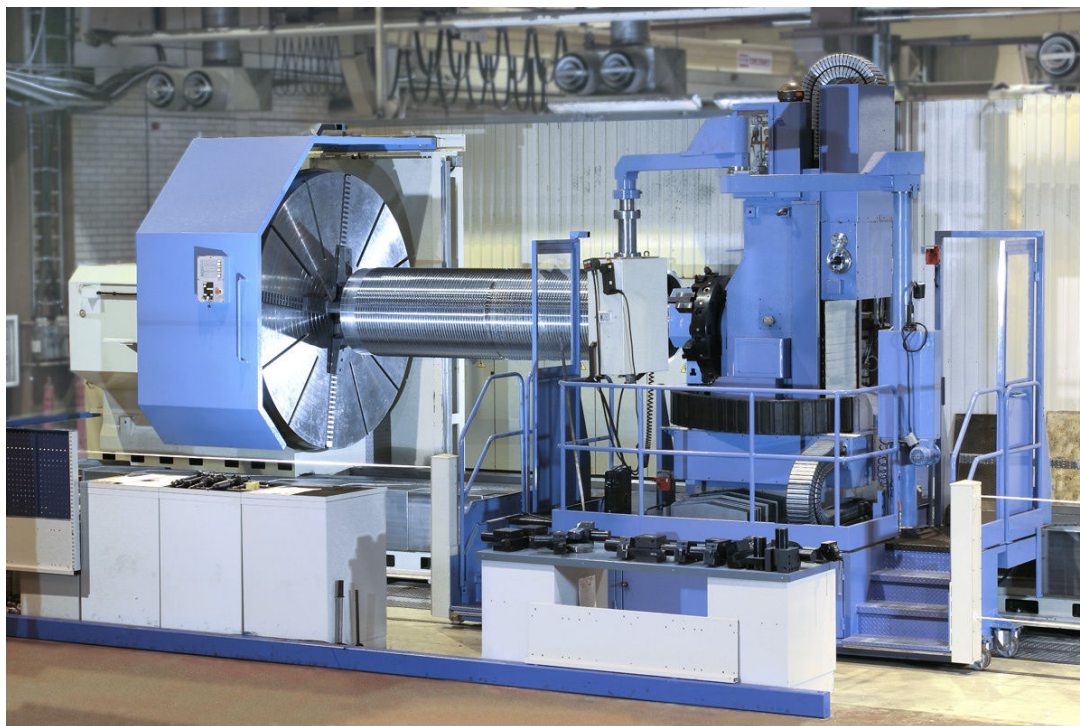
Köysitelalinjalla on kolme CNC-ohjattua sorvia. Kaikki toimivat solussa, jonka tunnus on C_TELASOR. Sorvit ovat kaikki erikokoisia ja työsuunnitelmasta ei

käy ilmi, millä sorvilla kappale on tarkoitus sorvata. Useimmissa tapauksissa telan sorvaava sorvi määräytyy sen mukaan, mille sorville on ohjelma valmiina sorvattavaa telaa varten. Ohjelmat linjalla tekee CNC-ohjelmointiin erikoistunut ohjelmoija. CNC-ohjelmoija valitsee yhdessä työnjohtajan kanssa sopivimman sorvin kyseistä telaa varten. Sorvin valinnassa on otettava huomioon sorvien kuormitus. Työt tulisi jakaa sorvien välillä niin, että kuormitus sorvien välillä pysyisi mahdollisimman tasaisena.

Sorvaajan työt etenevät seuraavasti. Ensiksi sorvaaja kysyy työnjohtajalta seuraavan sorvattavan kappaleen työnumeron. Yleensä työnjohtaja antaa työntekijöille useita työnumeroita sorvattavaksi tietyssä järjestyksessä. Seuraavaksi sorvaaja ottaa työmääräin iLM:stä, josta selviää sorvattavan kappaleen tiedot. Näihin tietoihin kuuluu sorvattavan kappaleen materiaali, kappalemäärä ja kuvamerkki. Kuvamerkin avulla sorvari hakee sorvattavan putken koneistuskuvan VertexPDM-piirustustietokannasta. Sorvaaja raportoi työn aloitetuksi iLM:ään ennen koneen asetuksen tekemistä. Seuraavaksi sorvaaja säätää sorvin pakan leuat sekä toisen pään kiinnittimen ruuvit oikeaan halkaisijaan. Tela-aiho nostetaan sorviin nosturia apuna käyttäen. Seuraavaksi kappaleen suoruus tarkistetaan ja kiinnitetään se sorviin. Tämän jälkeen sorvaaja hakee oikean CNC-ohjelman erilliseltä verkkolevyltä ja siirtää sen sorvin muistiin. Seuraavaksi paikoitetaan kappaleen nollapiste.

Aluksi sorvataan kappale oikeaan pituuteen. Tätä seuraa kappaleen sorvauksen rouhintavaihe, jossa kappale sorvataan päältä oikeaan halkaisijaan. Rouhintavaiheessa sorvataan myös pääteurat ja avataan köysiura.

Viimeistelyvaiheessa köysiura viimeistellään sekä sovitteet sorvataan telaan laippoja varten. Kuviossa 8 nähdään kappale valmiiksi sorvattuna, vielä kiinni sorvissa. Kun tela on sorvattu valmiiksi, se voidaan nostaa lattialle. Lattialla telan päähän stanssataan telan työnumero telan jäljittämistä helpottamaan. Tässä vaiheessa sorvaaja raportoi työn valmiiksi.



KUVIO 8. Tacchi CNC-ohjattu sorvi ja sorvattu tela

Joissain tapauksissa telaa joudutaan sorvaamaan lisää laippahitsauksen jälkeen. Tätä vaihetta kutsutaan telan viimeistelysorvaukseksi, vaikka köysiura onkin jo viimeistely putken viimeistelysorvauksessa. Näissä tapauksissa yleensä sorvataan laippojen pinnat kuntoon. Laippoihin on tarkoituksella jätetty koneistusvaroja, koska niiden liittäminen telaan tapahtuu hitsaamalla, joka aiheuttaa muodonmuutoksia metalliin. Näin laipat saadaan suoraan telaan nähden. Viimeistelysorvaus tapahtuu aina omana vaiheenaan, joka raportoidaan aloitetuksi ja valmiiksi erikseen iLM:ään.

8.6 Laippojen hitsaus

Laippahitsaus toimii samassa solussa jauhekaarihitsauksen kanssa. Tämän solun tunnus on siis myös C_TELAHIT. Hitsaaja hakee työmääräimen iLM:stä. Hitsauskuvat haetaan VertexPDM-piirustustietokannasta. Hitsaaja raportoi työn aloitetuksi ja hakee työmääräimen mukaiset laipat varastosta.

Ensiksi nostetaan putki pyöritysrullille hitsausta varten. Laippaa asetettaessa paikalleen joudutaan putkea joskus lämmittämään, jotta laippa saadaan asettumaan paikalleen. Kun laippa on saatu asettumaan paikalleen, se hitsataan kiinni putkeen.

Jos telan köysiura karkaistaan, se tapahtuu tässä vaiheessa. Köysiurien karkaisu on kuitenkin niin harvinainen toimenpide, ettei sille ole omaa vaihetta tehty. Tästä syystä karkaisu tehdään laippahitsauksen kanssa samalla työmääräimellä. Karkaisu suoritetaan vain, kun asiakas sen erikseen tilaa. Telojen köysiuria karkaistaan vain, kun köysiuralle on odotettavissa normaalia kovempaa rasitusta. Urien karkaiseminen tapahtuu induktiomenetelmällä.

Kun nämä työvaiheet on suoritettu, hitsaaja raportoi työn valmiiksi. Tämän jälkeen tela siirretään asennuspaikalle loppuasennusta varten, tai vaihtoehtoisesti sorvaus- tai jyrsintäsoluun jatkokoneistusta varten.

8.7 Jyrsintä

Telan jyrsintäsolun tunnus on C_MECOF. Koneistaja ottaa ensin työhön tarvittavat dokumentit, kuten työmääräimen ja koneistuskuvat järjestelmistä. Kaikki telat eivät vaadi jyrsintää. Mikäli tela vaatii vain pienempiä reikiä, esimerkiksi köysilukkoja varten, suoritetaan koneistus loppuasennuksen yhteydessä asennuspaikalla pylväsporakoneella.

Jyrsintä tapahtuu joko ennen tai jälkeen laippahitsauksen riippuen siitä, mikälaista jyrsintää tela vaatii. Jos tela vaatii jyrsintää telalle tulevaa kaapelia varten, niin jyrsintä suoritetaan ennen laippahitsausta. Tässä tapauksessa porataan telan kylkeen reikä kaapelin tarvitsemaa putkea varten. Tämä putki sitten liitetään reikään ennen laippahitsausta hitsaussolussa. Putki on liitettävä ennen laipan asentamista, koska se kulkee laipan läpi.

Jos tela vaatii muunlaista koneistusta, kuten vaihteen kiilaurien jyrsimistä, suoritetaan jyrsintä laippahitsauksen jälkeen. Kun tela on saatu jyrsittyä, se nostetaan nosturia apuna käyttäen asennuspaikalle tai laippahitsaukseen, riippuen siitä kummassa solussa seuraava vaihe suoritetaan.

8.8 Kokoonpano ja pakkaus

Loppukokoonpano tapahtuu solussa C_TELA. Loppuasennuksessa asennetaan työmääräimen mukaan tarvittavat telan akselit, laakerit, kannet ja muut tarvittavat osat. Kun tarvittavat osat on asennettu, tela ruostesuojataan ja tarvittavilta osilta maalataan. Tämän jälkeen valmis tela kuljetetaan, joko lähettämöön pakkausta ja lähetystä varten, tai vaihtoehtoisesti vaunuasennuslinjalle asennettavaksi nosturin nostovaunuun. Asennussolussa tarkistetaan telalle stanssatun työnumeron oikeellisuus. Telan asennusvaiheen valmiiksi raportointi on erittäin tärkeää, koska asennuksen jälkeen tela on valmis koko linjalta. Tela ennen ruostesuojausta ja pakkausta on esiteltynä kuviossa 9.



KUVIO 9. Valmis tela

9. TULOKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET

Tavoitteena oli saada köysitelalinjalle toimivampi ohjauslogiikka, joka minimoi keskeneräisen tuotannon. Logiikalla olisi pyrittävä myös mahdollisimman lyhyeen läpimenoaikaan.

Logiikkaa lähdettiin parantamaan kartoittamalla prosessin kulkua. Tätä kautta pyrittiin löytämään tuotannolle hyvä ohjausmalli.

9.1 Prosessianalyysi

Työ aloitettiin tietojen keräämisellä linjasta, joiden pohjalta tehtiin prosessianalyysi. Lähtötiedot, kuten prosessin eri vaiheiden vaihe- ja kapasiteettiajat saatiin toiminnanohjausjärjestelmästä.

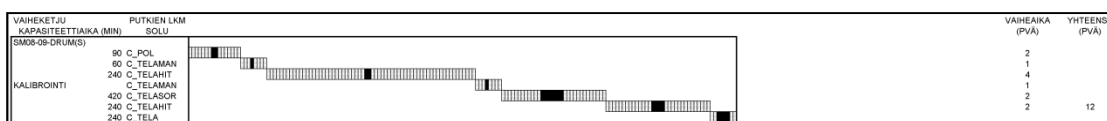
Prosessianalyysin avulla yritettiin löytää kehityskohtia ohjaustavasta, samalla yritettiin etsiä prosessin pullonkauloja.

9.1.1 Prosessin virtauskaavio

Prosessianalyysi aloitettiin prosessin kartoittamisella, jonka pohjalta tehtiin prosessin virtauskaavio. Virtauskaaviosta on helppo hahmottaa, miten prosessi etenee, ja mitä vaiheita joudutaan läpikäymään ennen kuin tuote valmistuu. Kaaviosta käy myös ilmi kaikki vaihtoehtoiset reitit, jotka erilaisilla teloilla voi olla. Esimerkkinä vaihtoehtoisesta reitistä voisi käyttää ostettavan ainesputken kulkemaa reittiä ja itse valmistettavan putken kulkemaa reittiä. Nämä reitit ovat hyvin erilaiset alkupäältään, vaikka lopputulos voi hyvinkin olla samanlainen tela. Virtauskaavio on tehty Microsoft Excel -ohjelmalla. Prosessin virtauskaavio on esitettyinä liitteessä 1.

9.1.2 Vaiheketjuaikakaaviot

Vaiheketjuaikakaavioilla pyrittiin saamaan näkyviin kapasiteetti- ja vaiheajojen välinen suhde. Näin pystyttiin visuaalisesti havainnollistamaan, kuinka paljon valmistettavalle kappaleelle kertyy odotteluaikaa järjestelmässä. Kaaviot luotiin Microsoft Excel ohjelmalla. Kaavioita tehtäessä oli telojen vaihe- ja kapasiteettiajat muutettava samaan yksikköön. Yksikkönä käytettiin tunteja. Ajat laitettiin sisäkkäin, ja ne erotettiin eri väreillä. Vaiheajat on esitetty harmaalla, ja kapasiteettiajat mustalla. Kuviossa 10 on esitetty 8-9 -kokoluokan Space-maker-vaunun tela vaiheketjuaikakaaviolla. Kyseinen tela on valmistettu yhdestä putkesta, joten ympäryssaumahitsaus jää pois. Tela on tehty levystä, eli alusta asti omassa tuotannossa.



KUVIO 10. SM08-09-DRUM (S) Vaiheketjuaikakaavio

Ensikatsomalta odotteluajat näyttivät kaaviossa aikalailla pitkiltä. Prosessin lähemmän tarkastelun jälkeen huomaa, että suurin osa odottelusta on jonottamista seuraavaan vaiheeseen. Eli putket oleilevat tässä kohtaa välivarastossa. Varsinkin jauhekaarihitsauksessa odotteluajat ovat pitkiä. Kuitenkin suurin osa hitsauksessa aiheutuvasta odottelusta kertyy putken jäähtymisajoista. Tällöin putkelle ei käytännössä tehdä mitään, vaan sen annetaan odottaa rauhassa. Hitsin on jäähdyttävä 24 tuntia ennen ultraäänitarkistusta. Täytyy muistaa, että vaiheajaka on se aika, joka järjestelmään on tietylle työvaiheelle määritetty, eli missä ajassa kappaleen on mentävä tietyn työvaiheen läpi.

Odotteluaikoja lyhentämällä voidaan prosessia nopeuttaa huomattavasti. Esimerkiksi voisi tutkia erilaisia menetelmiä putken hitsauksen jälkeisen jäähdytämisen nopeuttamiseksi. Näin saataisiin odotusaika tältä kohtaa mahdollisimman lyhyeksi. Myös muihin prosessin vaiheisiin olisi hyvä tutkia erilaisia menetelmiä, jotta työt saataisiin tehtyä nopeammin. Kaikki vaiheketjuaikakäyriä ovat esillä liitteessä 2.

9.1.3 Laskenta ja laskuri

Prosessianalyysin seuraavassa vaiheessa mitattiin prosessia, erilaisilla prosessin mittareilla. Lähtötietoina käytettiin iLM:stä saatuja lähtötietoja, eli kapasiteetti- ja vaiheaikoja. Näiden aikojen perusteella luotiin Microsoft Excel -ohjelmalla laskuri, joka laskee linjan ominaisuuksia.

Laskurin tekemisen tavoitteena oli saada toiminto, joka laskee tietyllä tasaisella viikkokuormalla ja tuotemixillä linjan eri työasemien kuormitusta. Laskurin toinen tavoite oli saada sorveille mahdollisimman suuri käyttöaste ja laskea viikkokuormitus nimenomaan sorvien kapasiteetin mukaan. Tämä tehtiin, koska sorvien kuoletusarvo on suurin linjan muihin koneisiin verrattuna. Laskuri laskee myös linjan läpimenoaika ja keskeneräisen tuotannon määrää. Tämä laskenta tapahtuu tietyllä viikoittaisella valmistusmäärällä, jonka on oltava tasainen. Edelleen laskurista saadaan selville jokaisen prosessin vaiheen kapasiteetti, joka lasketaan prosessin hyötysuhdetta apuna käyttäen. Laskurin laskenta tapahtuu ”Laskuri”- välilehdessä, johon muuttuvat arvot syötetään. Samasta taulukosta näkyvät myös tulokset. Muuttuviin arvoihin kuuluvat arvot, joita käyttäjä voi itse muuttaa. Nämä arvot ovat hyötysuhde, vuorojen määrä eri soluissa ja tehtävien telojen määrät. Muuttumattomat arvot syötetään ”Aputaulukko”- ja ”Pinta-ala”-välilehtiin. Muuttumattomiin arvoihin kuuluvat eri vaiheketjujen vaiheajat, kapasiteettiajat ja keskimääräinen tehtävien telojen koko.

Linjan asemien hyötysuhdetta ei ollut ennakoon määritetty. Linjan laskennalliseksi hyötysuhteeksi määrättiin 85 %, josta käytetään laskennallista arvoa 0,85. Hyötysuhteen arvo voidaan muuttaa laskuriin, jos linjalle tehtävissä mitauksissa ilmenee sen olevan parempi tai huonompi.

Prosessin toiminta-aika saatiin suoraan kapasiteettiajasta, koska näihin aikoihin oli jo laskettuna asetus- ja koneistusajan summa. Ennalta määrättyjä vaiheajoja voitiin käyttää vaiheketjun eri vaiheiden läpimenoaikojen laskemiseen.

Prosessin läpimenoaika saatiin jokaiselle tehtävälle telalle kyseisen telan vaiheketjun vaiheajojen summasta. Kun läpimenoaikaa lasketaan tietyllä tuotemixillä, on laskettava kaikkien erilaisten tehtävien telojen läpimenoajat yhteen ja jaettava tästä saatu summa tehtävien telojen lukumäärällä.

Laskuriin syötettäviin arvoihin kuuluu tehtävien telojen lukumäärä. Jokaiselle eri vaiheketjulle on syötettävä arvo levystä tehtäville teloille ja ainesputkesta tehtäville teloille. Laskuriin on myös syötettävissä soluissa tehtävien vuorojen määrän muuttuminen. Esimerkiksi, jos halutaan sorvata teloja kolmessa vuorossa, voidaan syöttää tietylle sorville uusi arvo kolme normaalin kahden sijaan.

Tiedot, joita laskurista saadaan ulos, ovat yksittäisten solujen kuormitus, keskeneräisen tuotannon määrä ja sen tilantarve varastointiin vaiheiden välille. Välivarastot sijaitsevat yleensä lattialla, koska suuria putkia on vaikea varastoida minkäänlaisessa hyllyssä. Putkia ei voida viedä ulko-varastoonkaan, koska ne ruostuisivat ja syntyisi aivan liikaa kappaleiden siirtelyä. Näin ollen tilantarpeen laskeminen on oleellista varastoinnin kannalta.

Linjan lattia tullaan päällystämään lähiaikoina, ja lattialla säilytettäessä putket kuluttavat lattian pintaa huomattavasti. Näin ollen keskeneräisille putkille tulisi määritellä selkeä varastointipaikka. Laskurin avulla varastointipaikka voitaisiin määrittää keskimääräisen keskeneräisentuotannon vaatiman pinta-alan avulla.

Laskurista on hyötyä etenkin tuotannonohjaajalle, joka sen avulla voi määrittää viikkokuormituksen linjalle. Suunnitellessaan viikkokuormitusta tuotannonohjaaja voisi syöttää tietylle viikolle tuotantoon otettavien putkien määrän ja laskea viikkokuormituksen sen mukaan. Kun tuotantoon ei oteta laskurin sallimaa kuormitusmäärää enempää töitä, ei ylikuormituksesta johtuvaa myöhästymää pitäisi ilmetä.

Laskuriin tehtiin lisäksi käyttöohjeet, jotka koekäytettiin viidellä eri henkilöllä, joilla ei ollut ennakkotietoja aiheesta. He pystyivät niiden avulla helposti käyttämään laskuria. Laskurin koekäyttäjiltä saamani palautteen mukaan olisi hyvä, jos se olisi integroituna iLM:ään. Laskuri ja sen käyttöohjeet ovat esiteltyinä liitteessä 3.

9.2 Tuotannon pullonkaulat

Laskurin avulla selvisi, että linjan pahimmat pullonkaulat olivat putkien jauhekaarihitsaus ja laippojen hitsaus. Laippojen hitsauksessa on pahempi pullonkaula, koska sitä ei pääse kiertämään ostoputkien avulla. Ostoputkien avulla jauhekaarihitsauksen pullonkaulaa voidaan ainakin osittain kiertää. Tämä ei kuitenkaan ole suositeltavaa, koska ostoputket ovat huomattavasti kalliimpia kuin itse valmistetut putket.

Jauhekaarihitsauksen nopeuttamiseksi on tehty suunnitelma, jonka ajatuksena on ostaa uusi mankeli vanhan tilalle. Vanha mankeli alkaa tulla käyttöikänsä päähän, joten uudelle koneelle on tarvetta. Uudella mankelilla pitäisi saada mankeloitua 3000 mm pitkä putki vanhan 2500 mm sijaan. Näin ollen työlään ympäryssaumahitsauksen määrä vähenisi huomattavasti, koska suurin osa putkista on alle kuusimetrisiä. Koska putket olisivat alle kuusimetrisiä, tarvittaisiin korkeintaan yksi jatkosauma. Ympäryssaumojen hitsaaminen on erittäin työlästä ja hidasta. Kyseisillä hitseillä aikaa vie pitkän jäähtymisajan vaativa ultraäänitarkistus. Kun hitsataan vain putken pituussauma, säästytään yhdellä jäähdyttämiskerralla. Ajansäästö puolestaan johtaisi linjan nopeampaan läpimenoaikaan.

Laippahitsaus toimii nykyään kahdella eri hitsauspaikalla, yhdessä vuorossa molemmilla. Näin ollen laskennassa voidaan käyttää laippahitsauksen kapasiteettina kahta vuoroa. Laippahitsauksen kapasiteettia pystytään lisäämään vain ottamalla jommallekummalle hitsauspaikalle työntekijä toiseen vuoroon. Näin ollen laippahitsauksen maksimikapasiteetti on kuusi vuoroa, eli kolme vuoroa molemmilla hitsauspaikoilla

9.3 Solujen uudelleenjärjestely ja seuraamisen yksinkertaistaminen

Köysitelalinjan solut ja prosessin kulku niiden läpi oli aikaisemmin hyvin sekava. Aikaisemmin on tullut palautetta, että prosessin seuraaminen on vaikeaa, koska sama tela käy samoissa soluissa useaan kertaan. Tätä pyrittiin yksinkertaistamaan ja yhtenäistämään muuttamalla solujen nimiä. Asiaa pyrittiin myös selkeyttämään jakamalla saman solunimen alla tehtäviä vaiheita uusille solunimille.

Aikaisemmin prosessi kulki solujen läpi seuraavanlaisessa järjestyksessä:

- 1) C_POL
 - Levyn/levyjen polttoleikkaus
- 2) C_TELAMAN
 - Levyn mankelointi putkeksi sekä pituussaumahitsauksen jälkeen putken kalibrointi
- 3) C_TELAHIT
 - Putken pituus- ja ympäryssauman hitsaus sekä ultraäänitarkistus
- 4) C_TELASOR
 - Telan sorvaus
- 5) C_TELAHIT
 - Telan laippahitsaus
- 6) C_MECOF
 - Telan koneistus jyrsimällä
- 7) C_TELA
 - Telan asennus

Uudessa mallissa polttoleikkaussolun nimi muutettiin vastaamaan linjan muiden solujen nimiä. Polttoleikkaussolun uusi nimi on C_TELAPOL. Telan hitsaussolusta otettiin ultraäänitarkistus ja laippahitsaus erilleen, ja niille luotiin uudet nimet. Uudet nimet näille vaiheille ovat C_TELAUT ultraäänitarkistukselle ja C_TELALAI laippahitsaukselle. Telan kalibrointi tehtiin aikaisemmin samalla työkortilla kuin telan mankelointi, näin ollen vaiheen pystyi raportoimaan valmiiksi vasta, kun pituussaumahitsaus ja kalibrointi oli suoritettu. Tästä seurasi, että mankelointivaihe oli usein myöhässä, koska se oli ajoitettu vaiheeksi ennen telan hitsausta, ja se tuli valmiiksi vasta pituussaumahitsauksen jälkeen. Telan kalibrointi päätettiin laittaa erilliseksi vaiheeksi mankelointisolun

työjonoon. Näin on helpompi seurata telan etenemistä toiminnanohjausjärjestelmästä. Samalla tyylillä telan pituus- ja ympäryssaumanhitsaus päätettiin erottaa työjonoon erillisiksi vaiheiksi, vaikka ne toimivatkin samassa solussa.

Näillä järjestelyillä voidaan säästää tuotannonohjaajan ja työnjohtajan aikaa, koska heidän ei tarvitse enää niin usein vastata kysymyksiin telojen etenemisestä. Tietenkin kaiken perustana telojen etenemisen onnistuneessa seurannassa on, että työntekijät raportoivat aloittamansa ja valmiiksi saamansa työt. Nimenomaan raportoinnin on tapahduttava, kun työntekijä oikeasti aloittaa tai saa valmiiksi tietyn työvaiheen.

Aikaisemmin on ollut ongelmana, että työntekijät raportoivat työnsä aloitetuksi ja valmiiksi yhtä aikaa. Työnjohtajan on siis pystyttävä selittämään työntekijöille perustellusti oikea-aikaisen raportoinnin tärkeys. Myöhästymien ilmenemiseen ei saa olla syynä pelkästään työntekijän huolimattomuus raportoinneissa. Työntekijöille olisi syytä järjestää erillinen koulutus siitä, miten työt raportoidaan järjestelmään oikein. Työntekijöiden sitoutuneisuus on avainasemassa, koska työnjohtaja ei mitenkään pysty seuraamaan jokaisen työn etenemistä ja raportointia. Tällainen seuraaminen on mahdotonta, koska töitä on niin paljon.

10. JOHTOPÄÄTÖKSET

10.1 Pohdintaa tuloksista

Seuraavassa pohditaan löydettiinkö opinnäytetyön kautta linjan ongelmiin ratkaisuja. Tärkeimmät ongelmat linjan kehityksen kannalta olivat siis:

- a) Huono ohjattavuus
- b) Epätasainen kuormitus
- c) Tuotannon pullonkaulat
- d) Työt kulkevat solujen välillä epä johdonmukaisesti edestakaisin

- e) Töiden etenemisen seuranta toiminnanohjausjärjestelmästä
- f) Töiden oikea-aikainen raportointi

Huonoon ohjattavuuteen löytyi mielestäni hyvin apuja laskurista ja solujen uusista järjestyksistä. Solujen uusien järjestyksien avulla linjan kulku selkeytyi huomattavasti. Laskuri toimii tuotannonohjaajan apuna, kun hän määrittää viikkokuormitusta linjalle. Laskurin avulla saadaan kuormitus jakautumaan tasaisesti linjalle eikä ylikuormitusta synny.

Prosessin pullonkaulat löydettiin. Pahimmiksi pullonkauloiksi todettiin jauhekaari- ja laippahitsaus. Jauhekaarihitsauksen pullonkaula saadaan toivottavasti rikottua, kun linjalle hankitaan uusi mankeli. Laippahitsauksen pullonkaulaa päästäisiin mielestäni ratkomaan solun kapasiteettiä lisäämällä. Mielestäni muuta vaihtoehtoa tämän pullonkaulan korjaamiseen ei ole.

Työt saatiin mielestäni kulkemaan linjan läpi paljon johdonmukaisemmin, kun soluja nimettiin ja järjesteltiin uudestaan. Tätä kautta linjan seuranta myös parani. Linjan prosessi selkeytyi paljon, kun prosessia voidaan seurata virtauskaavion avulla. Virtauskaavion avulla linjan kulkua pystytään esittelemään linjaa vähemmän tunteville. Esimerkiksi asiakkaila ja Konecranesin muilla työntekijöillä ei välttämättä ole selkeää kuvaa, miten prosessi linjalla etenee.

Töiden oikea-aikaiseen raportointiin ei oikeastaan muuta lääkettä ole, kuin työntekijöiden opastus ja koulutus. Jokaiselle työntekijälle tulisi olla täysin selvää, miten ja missä vaiheessa raportointi tulee tehdä. Jos tietokoneen käyttö on ongelma joillekin työntekijöille, pitäisi asia ratkaista koulutuksen avulla.

Yleisesti ottaen löysin mielestäni hyviä ratkaisuja linjalla oleviin ongelmiin. Kaikki ongelmat eivät varmasti ratkenneet. Kuitenkin linjan jatkokehityksen kautta uskon, että ratkaisemattomiinkin ongelmiin löytyy ratkaisu. Ongelmia ratkaisujen löytämisessä tuotti eniten monien kirjallisuudessa löytämiäni ratkaisujen sopimattomuus köysitelalinjan kaltaiselle linjalle. Kyseinen tuotantolinja on erikoinen, koska valmistettavat kappaleet ovat yksittäiseriä ja niiden valmistusaika on pitkä. Kehitystyö linjalla jatkuu ja tätä kautta saadaan varmasti loputkin ongelmat ratkaistua. Olen tyytyväinen löytämiini ratkaisuihin.

10.2 Johtopäätöksiä opinnäytetyön tekemisestä

Opinnäytetyötä oli helppo lähteä tekemään, koska olin työskennellyt linjalla aikaisemmin. Näin ollen linjan toiminta sekä eteneminen olivat minulle ennestään tuttuja. Nykytilan jouduin kuitenkin kartoittamaan, vaikka sen suurelta osin tunsinkin. Tietoa kehitystä tarvitseviin kohteisiin sain sekä toimeksiantajaltani että tuotannon työntekijöiltä. Sain suorittaa työn tuotantolinjan toimistossa, joten olin jatkuvasti lähellä tuotantoa. Näin sain heti tiedon, jos uusia kehityskohteita ilmeni.

Työstä on hyötyä yritykselle sen ajoittaessa tuotantoaan. Opinnäytetyö antoi varmasti ideoita myös muille linjoille työskenteleville siitä, kuinka he voisivat kehittää omaa työtään. Yritykselle tämä kehitystyö on myös edullista, koska se ei vaadi suuria investointeja, joille voisi olla vaikea saada rahoitusta vaikeina taloudellisissa oloissa. Investointeja kertyy kuitenkin uuden mankelin hankinnasta, mutta sen hankintaa varten oli päätös jo tehty ennen tätä opinnäytetyötä. Uutta mankelia hankittaessa kannattaisi ottaa huomioon, että mankelilla olisi hyvä saada mankeloitua leveämpiä levyjä. Näin säästetään suuria määriä aikaa putkien ympäryssaumanhitsauksessa ja kalibroinnissa.

Opinnäytetyön tulokset, kuten laskuri sekä virtauskaavio, ovat helposti muutettavissa koskemaan yrityksen jotain muuta linjaa tai toimintaa. Esimerkiksi komponenttitehtaalla toimivalle kantopyörälinjalle samanlainen malli voisi sopia hyvin. Sovellukset linjan seurannan yksinkertaistamiseksi joutuu kuitenkin selvittämään uudelle linjalle aivan uudestaan. Laskurin kehittämisessä seuraavia askeleita ovat keskeneräisen tuotannon laskemisen kehittäminen solu-kohtaiseksi. Ajatuksena laskurin siirtäminen toiminnanohjausjärjestelmään on hyvä. Vielä pitäisi selvittää, onko se mahdollista, ja onko laskuri sillä tasolla, että se pystytään järjestelmään siirtämään.

Työn etenemistä seurattiin yrityksen puolesta noin kerran kahdessa viikossa järjestetyillä palavereilla. Näissä palavereissa annettiin aina palautetta työn etenemisestä ja tavoitteita seuraavaa palaveria varten. Kun aina sai uusia tavoitteita ja ideoita, niin työn etenemisestä tuli tavoitteellista ja aikataulussa

pysyminen oli helppoa. Palavereissa oli paikalla köysitelalinjan työnjohtaja, tuotannonohjaaja sekä työn toimeksiantaja. Nämä henkilöt tulevat hyötymään eniten saamista tuloksista, joten heidän mielipiteensä työn etenemisestä oli siis avainasemassa.

LÄHTEET

Alakangas, J. 2006. Prosessianalyysi. Oppituntimateriaali, Toiminnanohjaus. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja Liikenne, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 2.3.2010

Haverila. M, Uusi-Rauva. E, Kouri. I, Miettinen. A. 2005 Teollisuustalous 5. painos Tampere. Infacs Oy, s.422. Viitattu 16.3.2010

Korpinen, P. 2008. SM-nostovaunun toimitusketjun pullonkaulojen tunnistaminen ja toimitusajan lyhentäminen. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu, Riihimäen yksikkö, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, s.43,46. Viitattu 12.4.2010.

Laatuakatemia. 2008. Laatu, yhteiskunta, kehittäminen. Julkaisija Timo Tuurala. Viitattu 15.3.2010. <http://www.kotiposti.net/tuurala/prosessit.htm>

Liukko. T, Kajaste. V, 1994, Lean-toiminta, MET:n tekninen tiedotus 6/94, Helsinki, Metalliteollisuuden kustannus Oy, s.105. Viitattu 16.3.2010

Lundmark, P. 2010. Konecranes vuosikertomus 2009. PDF-tiedosto, s.4-6,19. Viitattu 12.3.2010
http://www.konecranes.com/files/attachments/com/investor/reports_and_presentations/annual_report_2009/konecranes_vuosikertomus2009.pdf

Riikonen. H, Parkkinen. H. 2007 Tuotantotalous. Julkaisija Kuopion yliopisto. Viitattu 10.3.2010. www.uku.fi/avoin/tuta/j4_13kapeikkoajattelu.htm

LIITTEET

Liite 1 Prosessin virtauskaavio ja ohjeet

Liite on poistettu sen salaisuuden vuoksi.

Liite 2 Vaiheaikaketjukaaviot

Liite on poistettu sen salaisuuden vuoksi.

Liite 3 Laskuri ja käyttöohjeet

Liite on poistettu sen salaisuuden vuoksi.